



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2023 Patentblatt 2023/25

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 49/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22212449.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 49/005; F25B 2500/19; F25B 2500/222;
F25B 2700/1931; F25B 2700/1933

(22) Anmeldetag: **09.12.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **GEHLERT, Tino**
59955 Winterberg (DE)
• **KLENKE, Timo Christian**
35039 Marburg (DE)

(74) Vertreter: **MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann**
Patentanwälte PartG mbB
Paul-Heyse-Strasse 29
80336 München (DE)

(30) Priorität: **14.12.2021 DE 102021133141**

(71) Anmelder: **Viessmann Climate Solutions SE**
35108 Allendorf (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN EINER FÜLLMENGE EINES ARBEITSMEDIUMS IN EINER WÄRMEPUMPENANLAGE, VERFAHREN ZUM STEuern EINER WÄRMEPUMPENANLAGE UND WÄRMEPUMPENANLAGE**

(57) Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage 100, die zumindest eine Verdichtungs- vorrichtung 11 zum Verdichten des Arbeitsmediums, eine Kondensationsvorrichtung 12 zum Verflüssigen des Arbeitsmediums, eine Expansionsvorrichtung 13 zum Expandieren des Arbeitsmediums und eine Verdampfungsvorrichtung 14 zum Verdampfen des Arbeitsmediums umfasst, wobei diese in einem Arbeitskreislauf 10 für das Arbeitsmedium angeordnet sind, bereit Das Verfahren umfasst dabei ein Bestimmen eines ersten Zustandswerts p_1 einer ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungsvorrichtung 14 und der Verdichtungs- vorrichtung 11 befindlichen Position im Arbeits- kreislauf 10, ein Bestimmen eines zweiten Zustandswerts p_2 der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs- vorrichtung 11 und der Kondensationsvorrichtung 12 befindlichen Position im Arbeitskreislauf 10 und ein Bestimmen einer Füllmengenkenngroße FM, die die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf 10 der Wärmepumpenanlage 100 beschreibt, zumindest auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts p_1 und des bestimmten zweiten Zustandswerts p_2 , wobei die be- stimmte Füllmengenkenngroße FM von einer Summe oder einer gewichteten Summe aus dem bestimmten ers- ten Zustandswert p_1 und dem bestimmten zweiten Zu- standswert p_2 abhängt.

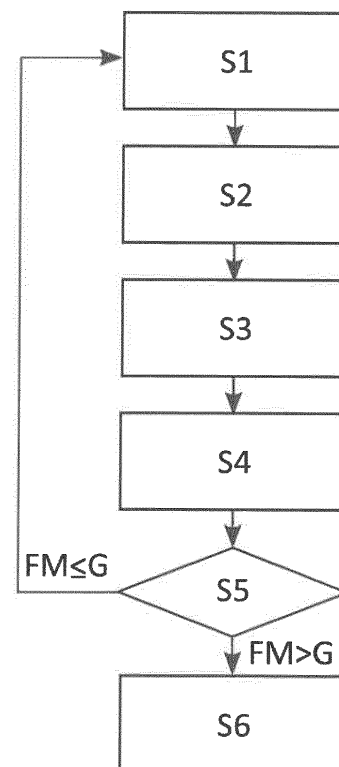


Fig. 3a

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage, ein Verfahren zum Steuern einer Wärmepumpenanlage, eine Wärmepumpenanlage und eine Überwachungsvorrichtung zum Einsatz in einer Wärmepumpenanlage.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Systeme zur Raumklimatisierung bekannt, mit denen eine gezielte und auch möglichst effiziente Steuerung einer Raumtemperatur umgesetzt werden soll.

[0003] In jüngster Zeit kommen hierzu vermehrt vor allem in Privathaushalten Wärmepumpenanlagen zum Einsatz, bei denen es sich um thermodynamische Vorrichtungen handelt, die über eine Verbindung zu einer Wärmequellenanlage verschiedene Umgebungsenergiequellen, beispielsweise in Form von Aerothermie, Geothermie oder Hydrothermie, zwecks Raumklimatisierung nutzbar machen. Im Zuge dessen bewirkt der Einsatz der Wärmepumpenanlage einen Energie- bzw. Wärmefluss über die Grenzen eines Zielsystems, üblicherweise des zu klimatisierenden Raumes, um so je nach Richtung des Wärmeflusses die Temperatur im Zielsystem entweder zu erhöhen oder abzusenken. Ersteres soll als Heizungsbetrieb mit einem in das Zielsystem hinein gerichteten Wärmefluss und Letzteres als Kühlungsbetrieb mit einem aus dem Zielsystem heraus gerichteten Wärmefluss bezeichnet werden.

[0004] Die Wärmepumpenanlage umfasst üblicherweise einen geschlossenen thermodynamischen Arbeitskreislauf für ein Arbeitsmedium und fungiert als Schnittstelle für den Wärmefluss zwischen besagter Wärmequellenanlage und besagtem Zielsystem, wobei an zumindest einer Stelle im Arbeitskreislauf Wärmeenergie auf das Arbeitsmedium übertragen werden kann und an zumindest einer weiteren Stelle im Arbeitskreislauf dem Arbeitsmedium Wärmeenergie entzogen werden kann.

[0005] Ein Wirkungsgrad der Wärmepumpenanlage hängt dabei von dem im Arbeitskreislauf befindlichen Arbeitsmedium ab, insbesondere von einem Füllstand bzw. einer Füllmenge des Arbeitsmediums. Mit einer sinkenden Füllmenge im Arbeitskreislauf, beispielsweise durch Leckage-Effekte o.Ä. bedingt, sinkt ebenso der maximal umsetzbare Wärmefluss und damit auch der Wirkungsgrad der Wärmepumpenanlage.

[0006] Um vor diesem Hintergrund einen ordnungsgemäßen Betrieb der Wärmepumpenanlage zu gewährleisten und beispielsweise rechtzeitig auf eine sinkende bzw. zu niedrige Füllmenge des Arbeitsmediums reagieren zu können, sind aus dem Stand der Technik verschiedene Verfahren zum Überwachen besagter Füllmenge im Ar-

beitskreislauf bekannt

[0007] So ist aus der WO 2006/073814 ein Verfahren bekannt, bei dem ein Massenstrom eines Arbeitsmediums an zwei unterschiedlichen Positionen im Arbeitskreislauf bestimmt und miteinander verglichen werden. Fällt eine Differenz besagter Massenströme zu groß aus, wird eine kritische bzw. zu niedrige Füllmenge des Arbeitsmediums detektiert

[0008] Derartige Überwachungsverfahren benötigen unter anderem eine hohe Datenverarbeitungsleistung und führen bei der Datenauswertung oft zu numerischen Schwankungen, welche eine Qualität einer Aussage über die Füllmenge im Arbeitskreislauf der Wärmepumpenanlage entsprechend negativ beeinflussen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Möglichkeit bereitzustellen, die einen effizienten und vor allem robusten Betrieb einer Wärmepumpenanlage gestattet

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage gemäß Anspruch 1, ein Verfahren zum Steuern einer Wärmepumpenanlage gemäß Anspruch 11 sowie eine Wärmepumpenanlage nach Anspruch 13 bereitgestellt. Ferner wird zudem eine Überwachungsvorrichtung gemäß Anspruch 15 zum Einsatz in einer Wärmepumpenanlage bereitgestellt

[0011] Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich dabei auf bevorzugte Ausführungsformen, die jeweils für sich genommen oder in Kombination bereitgestellt werden können.

[0012] Gemäß eines ersten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage bereitgestellt. Die Wärmepumpenanlage umfasst zumindest eine Verdichtungs- und eine Verflüssigungs- vorrichtung zum Verdichten des Arbeitsmediums, eine Kondensations- und eine Expansions- vorrichtung zum Expandieren des Arbeitsmediums und eine Verdampfungs- vorrichtung zum Verdampfen des Arbeitsmediums, wobei diese in einem Arbeitskreislauf für das Arbeitsmedium angeordnet sind. Das Verfahren umfasst dabei ein Bestimmen eines ersten Zustandswerts einer ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungs- und der Verdichtungs- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf, ein Bestimmen eines zweiten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs- und der Kondensations- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf und ein Bestimmen einer Füllmengen- kenngröße, die die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf der Wärmepumpenanlage beschreibt, zumindest auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts und des be-

stimmten zweiten Zustandswerts, wobei die bestimmte Füllmengenkenngroße von einer Summe oder einer gewichteten Summe aus dem bestimmten ersten Zustandswert und dem bestimmten zweiten Zustandswert abhängt.

[0013] Das Arbeitsmedium durchläuft dabei in einem sich wiederholenden Zyklus nacheinander die Verdichtungs- vorrichtung, die Kondensationsvorrichtung, die Expansionsvorrichtung und die Verdampfungsvorrichtung, wobei die grundlegenden Abläufe im Arbeitskreislauf beim Einsatz der Wärmepumpenanlage hinlänglich aus dem allgemein bekannten Stand der Technik bekannt sind, sodass an dieser Stelle keine weiteren Erklärungen erfolgen.

[0014] Unter dem Arbeitsmedium ist dabei jedwedes Fluid zu verstehen, dass sich zum Einsatz in besagter Wärmepumpenanlage eignet und dazu in den genannten Vorrichtungen verdichtet, verflüssigt, expandiert und verdampft werden kann, wobei es sich bei dem Arbeitsmedium üblicherweise und nicht darauf beschränkend um ein synthetisches Kältemittel handelt, wie beispielsweise das Kältemittel R410A, das sich zu je 50% aus Difluormethan und Pentafluorethan zusammensetzt

[0015] Bei der ersten thermodynamischen Zustandsgröße kann es sich um jedwede Zustandsgröße handeln, mit der ein thermodynamischer Zustand des Arbeitsmediums beschrieben werden kann, z.B. Druck, Dichte, Temperatur oder spezifisches Volumen.

[0016] Unter der Summe ist dabei eine Summe aus den beiden Zustandswerten zu verstehen, die jeweils mit dem Faktor eins gewichtet werden, wohingegen bei der gewichteten Summe zumindest einer der besagten Faktoren ungleich eins ist. Die zu bestimmende Füllmengenkenngroße ist dabei nicht nur als direkt bzw. proportional von besagter Summe oder besagter gewichteter Summe abhängig zu verstehen, sondern kann beispielsweise auch von einem Kehrwert oder von einer Potenz besagter Summe oder besagter gewichteter Summe abhängig sein.

[0017] Durch das bereitgestellte Verfahren wird eine besonders einfach gehaltene Überwachung der Füllmenge des Arbeitsmediums ermöglicht, die auf einer Summe (gewichtet oder normal) der beiden Zustandswerte vor und nach der Verdichtungs- vorrichtung der Wärmepumpenanlage beruht. Auf diese Weise kann durch die lediglich an zwei Stellen im Arbeitskreislauf bestimmte erste thermodynamische Zustandsgröße eine Aussage über die Füllmenge und/oder über Änderungen der Füllmenge getroffen werden. Die bestimmten Zustandswerte gestatten dabei Aussagen über den Verdichtungs- vorgang des Arbeitsmediums, im Zuge dessen der Druck des üblicherweise gasförmigen Arbeitsmediums erhöht wird, z.B. in Form einer adiabaten, isochoren oder isentropen Zustandsänderung.

[0018] Es hat sich dabei im Rahmen von Nachforschungen gezeigt, dass eine Überwachung auf Basis der Summe der beiden Zustandswerte vor und nach der Verdichtungs- vorrichtung eine wesentliche robustere Über-

wachung der Füllmenge des Arbeitsmediums erlaubt, da durch diese sowohl einzelne Veränderungen des ersten oder des zweiten Zustandswerts selbst als auch kombinierte bzw. zeitgleich auftretende Veränderungen der beiden Zustandswerte berücksichtigt werden.

[0019] Im Gegensatz zu einer exemplarischen Betrachtung einer Differenz oder eines Quotienten der bestimmten Zustandswerte, die lediglich einen relativen Zusammenhang der beiden Zustandswerte ohne eine Absolutreferenz beschreiben, kann so eine gegenüber auftretenden Schwankungen robustere und Füllmengenkenngroße bereitgestellt werden, die eine zuverlässigere Aussage über die Füllmenge erlaubt

[0020] So kann es sich bei besagter erster thermodynamischer Zustandsgröße beispielsweise um einen Druck des Arbeitsmediums handeln, für den als Zustandswerte ein erster und ein zweiter Druckwert bestimmt werden, die im Falle der exemplarischen Auswertung über einen Quotienten lediglich eine Aussage zu einem Druckverhältnis gestatten. Fallen in diesem Sinne die Drücke vor und nach der Verdichtung aufgrund von Leckage im Arbeitskreislauf in gleichem Maße ab, würde dies durch besagten Quotienten nicht erfasst werden.

[0021] Ferner kann es aufgrund äußerer Einflüsse, wie beispielsweise eine veränderliche Umgebungstemperatur, zudem zu dadurch bedingten Schwankungen im thermodynamischen Zustand des Arbeitsmediums vor dem Verdichtungs- vorgang kommen, die in der davon abhängigen Füllmengenkenngroße aufgrund der summierten Betrachtung allerdings weniger ins Gewicht fallen, wodurch besagte Füllmengenkenngroße äußerst stabil im Hinblick auf derartige Schwankungen ist.

[0022] Ferner können besagte Schwankungen, unabhängig davon, ob diese nun im ersten oder zweiten Zustandswert zu erwarten sind, durch entsprechende Gewichtung der jeweiligen Summanden geglättet bzw. deren Einfluss auf die Füllmengenkenngroße reduziert werden.

[0023] Zur Überwachung der Füllmenge im Laufe des Betriebs der Wärmepumpenanlage umfasst das Verfahren vorzugweise ein Bereitstellen einer initialen Füllmengenkenngroße und ein Vergleichen der bestimmten mit der initialen Füllmengenkenngroße. Die initiale Füllmengenkenngroße dient dabei als Referenz für sich im Laufe des Betriebs ergebende Änderungen der Füllmenge. Die initiale Füllmengenkenngroße kann beispielsweise im Zuge eines anfänglichen Befüllens oder eines Nachfüllens von Arbeitsmedium in den Arbeitskreislauf bestimmt werden oder aber werkseitige vorgegeben werden.

[0024] Alternativ oder zusätzlich kann auch eine zeitliche Änderung der Füllmengenkenngroße bestimmt werden, die auf Basis von Werten der Füllmengenkenngroße zu zumindest einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt ermittelt wird, vorzugsweise auf Basis von Werten zu mehr als zwei Zeitpunkten, um so Änderungen der Füllmenge während des Betriebs zu erfassen.

[0025] Vorzugweise kommt die mit Hilfe des Verfah-

rens überwachte Wärmepumpenanlage zur Klimatisierung eines Raumes oder eines gesamten Gebäudes zum Einsatz, wobei Wärmepumpenanlage für den Heizungsbetrieb zum Aufheizen des zu klimatisierenden Raumes oder des Gebäudes und/oder für einen Kühlungsbetrieb zum Abkühlen des zu klimatisierenden Raumes oder des Gebäudes eingerichtet sein kann.

[0026] Hierzu werden je nach Betriebsart entweder die Kondensationsvorrichtung oder die Verdampfungsvorrichtung mit einem Energiekreislauf bzw. Klimatisierungssystems des Raumes oder des Gebäudes über einen Wärmetauscher gekoppelt, um diesem im Zuge des Verflüssigens des Arbeitsmediums (Kondensationsvorrichtung) Wärme zuzuführen oder im Zuge des Verdampfens (Verdampfungsvorrichtung) Wärme zu entziehen.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Expansionsvorrichtung der Wärmepumpenanlage zum Expandieren des Arbeitsmediums ein steuerbares Expansionsventil mit einem veränderlichen Öffnungsgrad, wobei das Verfahren weiterhin ein Bestimmen eines den Öffnungsgrad des steuerbaren Expansionsventils beschreibenden Ventilparameters umfasst und das Bestimmen der Füllmengenkenngroße zusätzlich auf Basis des bestimmten Ventilparameters des steuerbaren Expansionsventils erfolgt.

[0028] Der den Öffnungsgrad beschreibende Ventilparameter kann weitestgehend beliebig definiert werden, solange über diesen der Öffnungsgrad angegeben werden kann. So kann dieser z.B. dimensionsbehaftet sein und eine absolute Verschiebung des Ventilstößels beschreiben, oder aber vorzugsweise in dimensionsloser Form angegeben werden und dabei z.B. eine anteilige Öffnung des Expansionsventils in Prozent angeben. Die anteilige Öffnung kann sich dabei unter anderem anhand einer Verschiebung des Ventilstößels im Vergleich zu einer maximalen Verschiebung oder anhand einer Öffnungsfläche im Vergleich zu einer maximalen Öffnungsfläche bestimmen.

[0029] Das Expansionsventil schließt den thermodynamischen Kreislauf der Wärmepumpenanlage und steuert je nach Öffnungsgrad eine Durchflussrate des von der Kondensationsvorrichtung kommenden und in die Verdampfungsvorrichtung fließenden Arbeitsmediums. Der Öffnungsgrad kann hierbei passiv über die übrigen Systemgrößen der Wärmepumpenanlage eingestellt werden, wenn das Expansionsventil z.B. als ein thermostatisches Expansionsventil ausgeführt ist, oder aber auch aktiv gesteuert werden. Das steuerbare Expansionsventil dient damit als Steuerungselement für die Wärmepumpenanlage, über das beispielsweise die Leistung bzw. der durch die Wärmepumpenanlage bewirkte Wärmefluss angepasst werden kann.

[0030] Um dennoch Aussagen über die Füllmenge innerhalb der auf diese Weise gesteuerten Wärmepumpenanlage auch für verschiedene Betriebszustände zu ermöglichen, wird besagter Ventilparameter vorzugsweise in die Bestimmung der Füllmengenkenngroße miteinbezogen. Wird beispielsweise ein nicht steuerbares Ex-

pansionsventil mit konstantem Öffnungsgrad verwendet, wäre besagter Ventilparameter lediglich als konstanter Faktor zu sehen und könnte bei der Bestimmung der Füllmengenkenngroße außer Acht gelassen werden.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform hängt die bestimmte Füllmengenkenngroße dabei von einem Verhältnis aus dem bestimmten Ventilparameter des steuerbaren Expansionsventils und der Summe oder der gewichteten Summe aus dem ersten und dem zweiten Zustandswert ab.

[0032] Wird im Sinne der beiden vorstehenden bevorzugten Ausführungsformen bei gleichbleibend angenommener Füllmenge der Öffnungsgrad des Expansionsventils erhöht, steigt die Durchflussrate und der Druck des Arbeitsmediums nach der Verdampfungsvorrichtung steigt ebenfalls an, wobei diese Relation in vorteilhafter Weise durch ein Einbeziehen des besagten Ventilparameters, insbesondere in Form des besagten Verhältnisses, in die Bestimmung der Füllmengenkenngroße abgefangen werden kann, sodass sich die Füllmengenkenngroße im Zuge dieser exemplarischen Änderungen des Betriebszustands eben nicht in nennenswerter Weise ändert, sondern im Wesentlichen konstant bleibt.

[0033] Als nicht beschränkendes Beispiel sei die in der nachfolgenden Gleichung 1 definierte Füllmengenkenngroße FM genannt, die bezogen auf eine Strömungsrichtung des Arbeitsmediums von einem Druck p_1 vor der Verdichtungs- vorrichtung und einem Druck p_2 nach der Verdichtungs- vorrichtung sowie von dem den Öffnungsgrad des Expansionsventils beschreibenden Ventilparameter VP abhängt:

$$FM = \frac{VP}{p_1 + p_2} \quad [\text{Gleichung 1}].$$

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der ersten thermodynamischen Zustandsgröße um einen Druck des Arbeitsmediums, wodurch eine verhältnismäßig einfach zu bestimmenden bzw. zu messende thermodynamische Zustandsgröße zur Überwachung der Füllmenge zum Einsatz kommt.

[0035] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Bestimmen des ersten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße ein Messen der ersten thermodynamischen Zustandsgröße an der ersten Position im Arbeitskreislauf und/oder das Bestimmen des zweiten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße umfasst ein Messen der ersten thermodynamischen Zustandsgröße an der zweiten Position im Arbeitskreislauf.

[0036] Auf diese Weise werden die zum Bestimmen der Füllmengengroße benötigten Zustandswerte direkt im Arbeitskreislauf gemessen und können unverfälscht verwendet werden.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform kann alternativ das Bestimmen des ersten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße ein Messen

einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße an der ersten Position im Arbeitskreislauf und ein Ermitteln des ersten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße auf Basis eines Messergebnisses an der ersten Position und einer bereitgestellten ersten Umrechnungsvorschrift umfassen. Zusätzlich oder alternativ kann das Bestimmen des zweiten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße ein Messen einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße an der zweiten Position im Arbeitskreislauf und ein Ermitteln des zweiten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße auf Basis des Messergebnisses an der zweiten Position und einer bereitgestellten zweiten Umrechnungsvorschrift, die insbesondere der ersten Umrechnungsvorschrift entspricht, umfassen.

[0038] Eine derartige Vorgehensweise ist z.B. für den Fall vorteilhaft, in dem die Wärmepumpenanlage zwar nicht über geeignete Messgeräte oder Sensoren für die erste thermodynamische Zustandsgröße, stattdessen aber für die zweite thermodynamische Zustandsgröße verfügt, aus deren Messerwerten die Zustandswerte der ersten Zustandsgröße auf Basis von Umrechnungsvorschriften, z.B. in Form von Stoffgesetzen, abgeleitet werden können. Dadurch müsste eine bestehende Wärmepumpenanlage unter Umständen nicht mit besagten Messgeräten oder Sensoren für die erste Zustandsgröße nachgerüstet werden.

[0039] In einer hierbei bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums um eine Temperatur, ein Volumen oder eine Dichte des Arbeitsmediums.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Bestimmen des ersten Zustandswerts, das Bestimmen des zweiten Zustandswerts, wahlweise das Bestimmen des den Öffnungsgrad beschreibenden Ventilparameters sowie das auf deren Basis erfolgende Bestimmen der Füllmengenkenngroße (wahlweise mit Einbeziehung des Ventilparameters) in vordefinierten zeitlichen Abständen kontinuierlich wiederholt, um so zumindest einen zeitlichen Verlauf der Füllmengenkenngroße bereitzustellen.

[0041] Dadurch kann eine zeitlich durchgehende Überwachung der Füllmenge des Arbeitsmediums bereitgestellt werden, wobei die zu den verschiedenen Zeitpunkten bestimmten Größen vorzugsweise abrufbar abgespeichert werden, z.B. in einem Speichermedium einer Steuervorrichtung der Wärmepumpenanlage oder in einem Speichermedium eines externen Datenverarbeitungssystems, mit dem die Wärmepumpenanlage gekoppelt ist. Durch das Bereitstellen einer zeitlichen Historie besagter Größen kann in vorteilhafter Weise auch ein über einen längeren Zeitraum hinweg erfolgreicher schleichender Verlust des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf detektiert werden.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin ein Detektieren einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage, welches zumindest ein Erfassen eines ersten

kritischen Falls, in dem die bestimmte Füllmengenkenngroße einen ersten vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder ein Erfassen eines zweiten kritischen Falls, in dem ein über einen festgelegten Zeitraum gebildetes Mittel eines zeitlichen Verlaufs der Füllmengenkenngroße einen zweiten vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

[0043] Das Überschreiten ist nicht als auf ein Ansteigen der Füllmengenkenngroße über besagte Grenzwerte beschränkt zu verstehen, sondern ergibt sich aus der Definition der Füllmengenkenngroße, im Zuge derer ein Überschreiten gleichbedeutend mit einem Absinken eines beispielhaften numerischen Werts der Füllmengenkenngroße bzw. des zeitlichen Mittels unter besagte Grenzwerte, oder mit einem Ansteigen über besagte Grenzwerte hinaus sein kann.

[0044] Auf diese Weise werden zwei Ansätze zum Detektieren einer kritischen Füllmenge bereitgestellt, die jeweils einzeln, aber auch kombiniert zum Einsatz kommen können, um einen unvorteilhaften bzw. kritischen Betriebszustand der Wärmepumpenanlage zu detektieren. Unter einer kritischen Füllmenge kann dabei eine für den ordnungsgemäßen Betrieb der Wärmepumpenanlage definierte Mindestmenge an Arbeitsmedium verstanden werden, die nicht unterschritten werden darf/sollte, da dies mit einem verhältnismäßig großen Abfall des Wirkungsgrads der Wärmepumpenanlage oder sogar mit einer Beschädigung einzelner Komponenten verbunden sein kann.

[0045] Vorzugsweise umfasst das Detektieren einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums weiterhin ein Ausgeben einer ersten Warnmitteilung im ersten kritischen Fall und/oder ein Ausgeben einer zweiten Warnmitteilung im zweiten kritischen Fall, wodurch das Verfahren um eine Benachrichtigungsfunktionalität erweitert wird, die es einem Bediener oder einem Wartungsarbeiter der Wärmepumpenanlage durch Eingreifen gestattet, rechtzeitig einer kritischen Füllmenge entgegenzuwirken.

[0046] Die Warnmitteilungen sollen dabei nicht auf eine bestimmte Mitteilungsart beschränkt sein, sondern können ein oder mehrere verschiedene Mitteilungsarten umfassen. So z.B. ein optisches Anzeigen an einer Anzeigeeinheit der Wärmepumpenanlage, eine elektronische Mitteilung an eine Haus- oder Gebäudesteuervorrichtung oder an ein mobiles Endgerät eines Hausbewohners oder eine elektronische Mitteilung an einen technischen Kundendienst zur Wartung und Instandhaltung der Wärmepumpenanlage.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin ein Abschalten der Wärmepumpenanlage in Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses des Detektierens einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage, insbesondere bei Eintreten des ersten und/oder des zweiten kritischen Falls.

[0048] Auf diese Weise kann die Wärmepumpenanlage vor potentiellen, durch eine zu niedrige Füllmenge

bedingte Beschädigungen geschützt werden, ohne dass die ein Eingreifen eines Bedieners oder eines Wartungsarbeiters erfordert

[0049] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Wärmepumpenanlage über eine Netzwerkkopplung mit einem externen Datenverarbeitungssystem, insbesondere einem Cloud basierten Datenverarbeitungssystem, verbunden, wobei im Zuge des Verfahrens notwendige Berechnungen ganz oder zumindest teilweise durch das externe Datenverarbeitungssystem durchgeführt werden.

[0050] Vorzugsweise umfasst das Verfahren hierzu zumindest ein Übermitteln der bestimmten ersten und zweiten Zustandswerte an das externe Datenverarbeitungssystem, wobei das Bestimmen der darauf basierenden Füllmengenkenngroße durch das externe Datenverarbeitungssystem erfolgt

[0051] Handelt es sich bei besagten Zustandswerten beispielsweise um Zustandswerte der zweiten thermodynamischen Zustandsgröße, kann auch das Ermitteln auf Basis der oben genannten Umrechnungsvorschriften bevorzugt durch das externe Datenverarbeitungssystem erfolgen.

[0052] Der verfahrensgemäße Einsatz des externen Datenverarbeitungssystems soll keinesfalls auf die zuvor exemplarisch genannten Schritte beschränkt sein, sondern kann je nach Bedarf jedweden zuvor beschrieben Bestimmungs-, Ermittlungs- oder Auswertungsschritt durchführen, der eine Datenverarbeitung, einen Datenvergleich oder daraus ableitbare Aktionen umfasst. So kann beispielsweise auch ein Abspeichern des zeitlichen Verlaufs der Füllmengenkenngroße in einem Speichermedium des externen Datenverarbeitungssystems erfolgen, auf Basis derer das Detektieren einer kritischen Füllmenge erfolgt. Im Anschluss kann eine Benachrichtigung über eine ggf. vorliegende kritische Füllmenge direkt durch das externe Datenverarbeitungssystem erfolgen.

[0053] Durch das externe Datenverarbeitungssystem werden die internen Datenverarbeitungssysteme der Wärmepumpenanlage, z.B. deren Steuervorrichtung, entlastet. Zusätzlich können durch den Einsatz einer externen, vorzugsweise Cloud basierten Datenverarbeitung vergleichsweise höhere Rechenleistungen und -kapazitäten bereitgestellt werden, im Zuge derer auf eine weitreichende zeitliche Historie der bestimmten oder erfassten Daten der Wärmepumpenanlage, vorzugsweise über den gesamten Lebenszyklus hinweg, zurückgegriffen werden kann. Hierdurch können nicht nur eine Aussagekraft der bestimmten Füllmengenkenngroße oder die Zuverlässigkeit des Detektierens einer kritischen Füllmenge erhöht werden, sondern es können beispielsweise auch Speicherkapazitäten oder Prozessorleistungen besagter Steuervorrichtung kleiner gewählt und damit kostengünstiger umgesetzt werden.

[0054] Gemäß eines zweiten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern einer Wärmepumpenanlage bereitgestellt, wobei die Wärmepumpenanlage in einem Arbeitskreislauf für ein Arbeitsmedium angeord-

net umfasst: eine Verdichtungs Vorrichtung zum Verdichten des Arbeitsmediums, eine Kondensationsvorrichtung zum Verflüssigen des Arbeitsmediums, eine Expansionsvorrichtung zum Expandieren des Arbeitsmediums und eine Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen des Arbeitsmediums. Das Verfahren zum Steuern der Wärmepumpenanlage umfasst dabei ein Überwachen einer Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage nach einem Verfahren gemäß des ersten Aspekts der Erfindung sowie ein Steuern der Wärmepumpenanlage durch Einstellen ein oder mehrerer Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage zumindest in Abhängigkeit der im Zuge des Überwachens der Füllmenge des Arbeitsmediums bestimmten Füllmengenkenngroße.

[0055] Auf diese Weise kann eine Steuerungsvorrichtung der Wärmepumpenanlage vorteilhaft auf eine unter Umständen abfallende Füllmenge, die eine Verschlechterung des Wirkungsgrads bedeutet, angepasst werden, um so einen unvorteilhaften Betrieb zu vermeiden. Auf diese Weise kann bei einer niedrigeren Füllmenge die Leistung der gesamten Wärmepumpenanlage beispielhaft auf einen für diese Füllmenge geeigneteren Wert reduziert werden oder diese sogar ganz ausgeschaltet werden, um nicht nur Energiekosten einzusparen, sondern auch eine mögliche Beschädigung einzelner Komponenten der Wärmepumpenanlage zu verhindern.

[0056] Die Betriebsparameter werden dabei vorzugsweise in Abhängigkeit von Füllmengenkenngroßen basierten Ereignissen eingestellt, die sich beispielsweise auf ein Überschreiten von vordefinierten Grenzwerten beziehen.

[0057] Bei den einstellbaren Betriebsparametern handelt es sich insbesondere um eine Leistung der Wärmepumpenanlage bzw. um durch die Wärmepumpenanlage bewirkten Wärme flux beeinflussende Betriebsparameter, zu denen beispielsweise und nicht erschöpfend ein globaler bzw. resultierender Leistungsparameter der Wärmepumpenanlage, der oben genannte Ventilparameter eines Expansionsventils der Expansionsvorrichtung, ein die Verdichtungsleistung der Verdichtungs Vorrichtung beschreibender Verdichtungsleistungsparameter oder ein den Volumenstrom oder den maximalen Volumenstrom des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf beschreibender Strömungsparameter zählen können.

[0058] Vorzugsweise umfasst das Verfahren zum Steuern der Wärmepumpenanlage hierzu im Zuge der Überwachung der Füllmenge ein Bereitstellen einer initialen Füllmengenkenngroße, wobei das Einstellen der ein oder mehreren Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage zusätzlich in Abhängigkeit der initialen Füllmengenkenngroße erfolgt, und dabei insbesondere auf einer Änderung zwischen initialer und bestimmter Füllmengenkenngroße beruht

[0059] Gemäß eines dritten Aspekts der Erfindung wird eine Wärmepumpenanlage bereitgestellt, insbesondere zum Durchführen des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts der Erfindung. Die Wärmepumpenanlage um-

fasst eine Verdichtungs- vorrichtung zum Verdichten eines Arbeitsmediums, eine Kondensations- vorrichtung zum Verflüssigen des Arbeitsmediums, eine Expansions- vorrichtung zum Expandieren des Arbeitsmediums und eine Verdampfungs- vorrichtung zum Verdampfen des Arbeitsmediums, wobei diese in einem Arbeitskreislauf für das Arbeitsmedium angeordnet sind. Ferner umfasst die Wärmepumpenanlage eine erste Mess- vorrichtung, die zum Messen einer ersten oder einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungs- vorrichtung und der Verdichtungs- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf eingerichtet ist, und eine zweite Mess- vorrichtung, die zum Messen einer ersten oder einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs- vorrichtung und der Kondensations- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf eingerichtet ist. Weiterhin umfasst die Wärmepumpenanlage eine zum Überwachen einer Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage eingerichtete Überwachungs- vorrichtung, die zumindest mit der ersten und der zweiten Mess- vorrichtung gekoppelt und dazu eingerichtet ist, basierend auf einem Messergebnis der ersten Mess- vorrichtung einen ersten Zustandswert der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums zu bestimmen, basierend auf einem Messergebnis der zweiten Mess- vorrichtung einen zweiten Zustandswert der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums zu bestimmen, und eine die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf der Wärmepumpenanlage beschreibende Füllmengen- kenngröße auf Basis einer Summe oder einer gewichteten Summe aus dem ersten Zustandswert und dem zweiten Zustandswert auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts und des bestimmten zweiten Zustandswertes zu bestimmen.

[0060] Die bereitgestellte Wärmepumpenanlage ist damit zumindest zur Durchführung des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts der Erfindung eingerichtet und bietet alle damit bereits beschriebenen Vorteile.

[0061] Vorzugsweise umfasst die Expansions- vorrichtung der Wärmepumpenanlage zum Expandieren des Arbeitsmediums ein steuerbares Expansionsventil mit einem veränderlichen Öffnungsgrad. Die Überwachungs- vorrichtung ist hierzu mit der Expansions- vorrichtung gekoppelt und dazu eingerichtet ein den Öffnungsgrad des steuerbaren Expansionsventils beschreibenden Ventilparameter zu bestimmen und ferner die Füllmengen- kenngröße zusätzlich auch auf dessen Basis zu bestimmen.

[0062] Das Bestimmen des Öffnungsgrads beschreibenden Ventilparameters kann hierbei auf einem durch einen Öffnungsgradsensor am Expansionsventil erfassten Öffnungsgrad, z.B. Kraftsensor am Ventilstößel, Wegsensor am Ventilstößel, Sensor für Durchflussmenge o.Ä., und/oder auf einem an einer Steuereinrichtung der Expansions- vorrichtung vorgegebenen Öffnungsgradparameter basieren.

[0063] Für den Fall, dass die erste und/oder die zweite Mess- vorrichtung zum Messen der zweiten Zustandsgröße eingerichtet sind/ist, ist die Überwachungs- vorrichtung bevorzugt dazu eingerichtet, daraus auf Basis entsprechend der oben beschriebenen Umrechnungsvorschriften den ersten und/oder zweiten Zustandswert der ersten thermodynamischen Zustandsgröße zu ermitteln und auf deren Basis wiederum die Füllmengen- kenngröße zu bestimmen.

[0064] Die Mess- vorrichtungen können jeweils je nach zu messender thermodynamischer Zustandsgröße z.B. als Temperatursensoren, Drucksensoren oder Dichtesensoren ausgeführt sein.

[0065] Vorzugsweise ist die Überwachungs- vorrichtung dazu eingerichtet, den ersten und den zweiten Zustandswert kontinuierlich in vordefinierten zeitlichen Abständen übermittelt zu bekommen und das darauf basierende Bestimmen der Füllmengen- kenngröße in vordefinierten zeitlichen Abständen kontinuierlich zu wiederholen, um so zumindest einen zeitlichen Verlauf der Füllmengen- kenngröße bereitzustellen, der insbesondere in einem Speichermedium der Überwachungs- vorrichtung abgespeichert wird.

[0066] Vorzugsweise ist die Überwachungs- vorrichtung dazu eingerichtet, eine kritische Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage auf Basis der bestimmten Füllmengen- kenngröße zu detektieren, im Sinne dessen die Überwachungs- vorrichtung ferner dazu eingerichtet ist, einen ersten kritischen Fall zu erfassen, in dem die bestimmte Füllmengen- kenngröße einen ersten vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder einen zweiten kritischen Fall zu erfassen, in dem ein über einen festgelegten Zeitraum gebildetes Mittel eines zeitlichen Verlaufs der Füllmengen- kenngröße einen zweiten vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

[0067] Vorzugsweise ist die Überwachungs- vorrichtung dazu eingerichtet, in Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses der Überwachungs- vorrichtung ein Abschalt- signal für die Wärmepumpenanlage an die Steuervorrichtung der Wärmepumpenanlage zu übermitteln, insbesondere für den ersten und/oder zweiten kritischen Fall.

[0068] Vorzugsweise ist die Überwachungs- vorrichtung als Teil einer Steuervorrichtung der Wärmepumpenanlage ausgeführt.

[0069] Alternativ kann die Überwachungs- vorrichtung bevorzugt zumindest teilweise als Teil eines externen Datenverarbeitungssystems, das insbesondere Cloud basiert ist, ausgeführt sein, und mit der Steuervorrichtung der Wärmepumpenanlage über eine Netzwerkkopplung verbunden sein. Auf diese Weise können zumindest ein Großteil der durch die Überwachungs- vorrichtung durchgeführten Aufgaben unter Ausnutzung der Rechenleistung und Speicherkapazität des externen Datenverarbeitungssystems erfolgen, um so schnellere Berechnungen und auch zuverlässigere Aussagen über die Füllmenge zu ermöglichen.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die

Steuervorrichtung der Wärmepumpenanlage mit der Überwachungsvorrichtung gekoppelt und ferner dazu eingerichtet, zum Steuern der Wärmepumpenanlage ein oder mehrere Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage in Abhängigkeit der durch die Überwachungsvorrichtung bestimmten Füllmengenkenngroße an der Steuervorrichtung einzustellen.

[0071] Dadurch ist die Wärmepumpenanlage ferner auch zur Durchführung des Verfahrens gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung eingerichtet und bietet alle damit bereits beschriebenen Vorteile.

[0072] Gemäß eines vierten Aspekts der Erfindung wird eine Überwachungsvorrichtung zum Einsatz in einer Wärmepumpenanlage gemäß des dritten Aspekts der Erfindung bereitgestellt

[0073] Auf diese Weise wird eine Nachrüstmöglichkeit bereitgestellt, über die eine bereits bestehende Wärmepumpenanlage auf einfache und kostengünstige Weise mit der Überwachungsvorrichtung nachgerüstet und so um die Funktionalitäten der Wärmepumpenanlage gemäß des dritten Aspekts der Erfindung erweitert werden kann.

[0074] Weitere Aspekte und deren Vorteile als auch speziellere Ausführungsbeispiele der zuvor genannten Aspekte und Merkmale werden im Folgenden unter Zuhilfenahme der in den beigefügten Figuren gezeigten Zeichnungen beschrieben.

[0075] Fig. 1a und Fig. 1b zeigen jeweils einen schematischen Aufbau eines jeweiligen Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Wärmepumpenanlage.

[0076] Fig. 2a und Fig. 2b zeigen qualitativ beispielhafte Verläufe verschiedener im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage bestimmter Größen, insbesondere einer Füllmengenkenngroße des Arbeitsmediums der Wärmepumpenanlage.

[0077] Fig. 3a zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage.

[0078] Fig. 3b zeigt ein Ablaufdiagramm eines auf dem Ablaufdiagramm aus Fig. 3a aufbauenden Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Steuern einer Wärmepumpenanlage.

[0079] Es wird hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Ausführliche Figurenbeschreibung

[0080] Fig. 1a zeigt einen schematischen Aufbau eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Wärmepumpenanlage 100.

[0081] Die Wärmepumpenanlage 100 umfasst einen Verdichter 11 zum Verdichten eines Arbeitsmediums, einen Verflüssiger (oder Kondensator) 12 zum Verflüssigen des Arbeitsmediums, eine Expansionsvorrichtung 13 mit einem steuerbaren Expansionsventil 13* zum Entspannen des Arbeitsmediums und einen Verdampfer zum Verdampfen des Arbeitsmediums, die jeweils in einem Arbeitskreislauf 10 der Wärmepumpenanlage 100 angeordnet sind und über entsprechende Leitungen 15, in denen das Arbeitsmedium strömt, untereinander verbunden sind.

[0082] Der Verflüssiger 12 ist über einen Wärmetauscher (spiralförmige Komponente) und ein Leitungssystem 400 zum Energietransport mit einem Klimatisierungssystem 300 eines zu klimatisierenden Gebäudes oder eines Raumes verbunden. Der Verdampfer 14 ist über einen Wärmetauscher (spiralförmige Komponente) und ein Leitungssystem 400 zum Energietransport mit einer Wärmequellenanlage 200 verbunden, bei der sich z.B. um eine Geothermie- oder eine Aerothermieanlage handeln kann. In der dargestellten Ausführung ist die Wärmepumpenanlage für den Heizungsbetrieb vorgesehen, im Zuge dessen Wärme aus der Wärmequellenanlage 200 über die Wärmepumpenanlage 100 dem Klimatisierungssystem 300 zugeführt wird.

[0083] Die Wärmepumpenanlage 100 umfasst ferner einen ersten und einen zweiten Drucksensor 21, 22, die jeweils zum Messen eines Drucks des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf 10 eingerichtet sind. Der erste Drucksensor 21 ist hierbei bezogen auf eine Strömungsrichtung des Arbeitsmediums vor dem Verdichter 11 angeordnet (erste Position) und misst den dort vorherrschenden Druck vor der Verdichtung. Der zweite Drucksensor 22 ist bezogen auf die Strömungsrichtung des Arbeitsmediums nach dem Verdichter 11 angeordnet (zweite Position) und misst den Druck nach der Verdichtung.

[0084] Weiterhin umfasst die Wärmepumpenanlage einen Öffnungsgradsensor 23, der einen Öffnungsgrad des steuerbaren Expansionsventils 13* der Expansionsvorrichtung 13 erfasst. Das steuerbare Expansionsventil weist hierbei zur Steuerung des Arbeitskreislaufs 10 einen veränderlichen Öffnungsgrad auf, über den ein Durchfluss an der Expansionsvorrichtung 13 und damit eine entsprechende Entspannung des Arbeitsmediums gesteuert wird. Der Öffnungsgradsensor 23 kann als ein gängiger Ventilsensor ausgeführt sein, der zum Erfassen eines Öffnungsgrads geeignet ist, z.B. in Form eines Wegsensors am Ventilstößel.

[0085] Zur Überwachung der Füllmenge des Arbeitsmediums umfasst die Wärmepumpenanlage eine Überwachungsvorrichtung 30, die mit dem ersten und dem zweiten Drucksensor 21, 22 sowie dem Öffnungsgradsensor 23 gekoppelt ist und die von diesen erfassten

Messwerte übermittelt bekommt und daraus einen ersten Zustandswert, einen zweiten Zustandswert und einen Ventilparameters im Sinne des oben beschriebenen Verfahrens bestimmt.

[0086] Entsprechend wird durch die Überwachungs-
vorrichtung eine Füllmengenkenngroße bestimmt, die
Aufschluss über die Füllmenge des Arbeitsmediums im
Arbeitskreislauf der Wärmepumpenanlage 100 gibt. Ex-
emplarisch erfolgt die Bestimmung der Füllmengenkenngro-
ße auf Basis der erfassten Messwerte gemäß obiger
Gleichung 1, soll aber nicht auf diese beschränkt sein,
solange die zu bestimmende Füllmengenkenngroße eine
Summe oder gewichtete Summe der beiden Zu-
standswerte, hier der beiden Drücke, enthält, die insbe-
sondere ins Verhältnis mit dem Ventilparameter gesetzt
wird.

[0087] Die Überwachungsvorrichtung 30 ist ferner mit
einer Steuervorrichtung 40 der Wärmepumpenanlage
gekoppelt und kann an diese beispielsweise die be-
stimmte Füllmengenkenngroße oder auch eine Warnmit-
teilung über eine zu niedrige Füllmenge übermitteln. Dar-
auf aufbauend kann die Steuervorrichtung 40 beispiels-
weise einen Betriebsparameter des Verdichters 11 in Ab-
hängigkeit der übermittelten Füllmengengroße einstellen
oder über eine (hier nicht dargestellte) Anzeigeeinheit
die Warnmitteilung an einen Bediener o.Ä. ausgeben,
sodass dieser weitere Schritte ergreifen kann; z.B. Be-
füllen der Wärmepumpenanlage 100 mit zusätzlichem
Arbeitsmedium.

[0088] Durch die Überwachungsvorrichtung 30 kann
ein sicherer, robuster und vor allem effizienter Betrieb
der Wärmepumpenanlage 100 unter Berücksichtigung
einer sich verändernden Füllmenge des Arbeitsmediums
gewährleistet werden, um so beispielsweise einen Wir-
kungsgrad der Wärmepumpenanlage 100 stets in einem
optimalen Bereich zu halten und energetisch nachteilige
oder sogar für die Wärmepumpenanlage 100 schädliche
Betriebszustände zu vermeiden.

[0089] Fig. 1b zeigt ein alternatives Ausführungsbei-
spiel zu dem aus Fig. 1a, bei dem die Überwachungs-
vorrichtung zumindest teilweise als Teil eines externen
Datenverarbeitungssystems ausgeführt ist. Der Aufbau
des in Fig. 1b nur teilweise dargestellten Arbeitskreis-
laufs 10 entspricht dem aus Fig. 1a, weswegen an dieser
Stelle keine weiteren diesbezüglichen Erläuterungen er-
folgen.

[0090] Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel in Fig.
1a ist die Überwachungsvorrichtung zweiteilig ausge-
führt mit einer ersten Komponente 30a, die mit dem ers-
ten Drucksensor 21 und dem zweiten Drucksensor 22
sowie dem (hier nicht dargestellten) Öffnungsgradsensor
23 verbunden ist

[0091] Die erste Komponente 30a ist über eine hier
drahtlos ausgeführte Netzkopplung 50 mit einem
externen Datenverarbeitungssystem 500 verbunden,
welches eine zweite Komponente 30b der Überwa-
chungsvorrichtung umfasst. Die zweite Komponente 30b
dient der Auswertung der durch die lediglich zur Daten-

übertragung vorgesehene ersten Komponente 30a über-
mittelten Daten mit den Messwerten der Drucksensoren
21, 22 und des Öffnungsgradsensors 23.

[0092] Die Auswertung bzw. das Bestimmen der Füll-
mengenkenngroße erfolgt durch die im externen Daten-
verarbeitungssystem 500 vorgesehene zweite Kompo-
nente 30b, die hierzu auf die Ressourcen des Datenver-
arbeitungssystems 500 zurückgreifen kann und so z.B.
das exemplarisch dargestellte Speichermedium 501 des
Datenverarbeitungssystems 500 nutzen kann. Die durch
die zweite Komponente 30b bestimmte Füllmengen-
kenngroße kann im Anschluss über die Netzkopplung
50 an die erste Komponente 30a und an die Steu-
ervorrichtung 50 der Wärmepumpenanlage 100 übertra-
gen werden, woraufhin beispielsweise die bereits im Zu-
ge von Fig. 2a beschriebenen Schritte eingeleitet werden
können.

[0093] Fig. 2a und Fig. 2b zeigen beispielhafte und le-
diglich qualitative Verläufe verschiedener im Zuge des
erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überwachen einer
Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepum-
penanlage bestimmter Größen, insbesondere einer Füll-
mengenkenngroße FM des Arbeitsmediums der Wärme-
pumpenanlage, wobei in beiden Verläufen jeweils über
die Zeit t ein erster Druck p_1 als erster Zustandswert, ein
zweiter Druck p_2 als zweiter Zustandswert, die daraus
abgeleitete Füllmengenkenngroße FM und ein darauf
basierender Fehler-/Wartungsparameter e (der bei-
spielsweise als Detektionsergebnis verstanden werden
kann) dargestellt. Eine maximale zeitliche Auflösung er-
gibt sich hierbei aus den in periodischen Zeitabständen
bestimmten Verfahrensgrößen, die beispielsweise und
nicht darauf beschränkend in einem Zeitintervall von 5
und 30 Minuten, vorzugsweise alle 15 Minuten, bestimmt
werden.

[0094] Die Füllmengenkenngroße FM wird gemäß obi-
ger Gleichung 1 als Verhältnis aus einem den Öffnungs-
grad des Expansionsventils beschreibenden Ventilpara-
meter VP und der Summe der beiden Zustandswerten,
den Drücken p_1 und p_2 , bestimmt. Aus Gründen der über-
sichtlichen Darstellung wird nachfolgend durchgehend
ein konstanter Ventilparameter $VP=0.5$ angenommen,
der einem 50%igen Öffnungsgrad entspricht.

[0095] Fig. 2a zeigt einen Fall, bei dem es zum Zeit-
punkt t_1 erstmals zu einem Überschreiten der Füllmen-
genkenngroße FM über einen vordefinierten ersten
Grenzwert G_1 kommt. Mit Überschreiten des ersten
Grenzwerts G_1 wird verfahrensgemäß eine kritische Füll-
menge des Arbeitsmediums detektiert, infolge dessen
der exemplarische Fehler-/Wartungsparameter e von 0
auf 1 gesetzt wird. Darauf aufbauend können die bereits
oben beschriebenen Schritte eingeleitet werden, wie z.B.
Warnmitteilungen oder eine Abschaltung der Wärme-
pumpenanlage.

[0096] Der Verlauf in Fig. 2a weist allerdings im Über-
gangsbereich nach t_1 eine Vielzahl von Übergängen der
Füllmengenkenngroße FM in Bezug auf den ersten
Grenzwert G_1 auf, was sich beispielsweise aus Messab-

weichungen oder schwankenden Umgebungsbedingungen u.Ä. ergeben, die sich auf die Druckwerte p_1 und p_2 auswirken und zu dem gezeigten Detektionsergebnis führt.

[0097] Fig. 2b zeigt hierzu eine alternative Überwachung auf Basis eines zeitlichen Mittelwerts MFM der (hier nicht mehr dargestellten) Füllmengenkenngroße FM, der sich durch Mittelung des zeitlichen Verlaufs der Füllmengenkenngroße FM aus Fig. 2a ergibt, und im Gegensatz zu dieser geringere Schwankungen aufweist und so das Risiko des Auftretens von z.B. durch Messabweichungen bedingten Fehldiagnosen verringert

[0098] Vorzugsweise bezieht die zeitliche Mittelung zu einem dargestellten Zeitpunkt nicht den kompletten vorherigen zeitlichen Verlauf der Füllmengenkenngroße FM mit ein, sondern nur einen bestimmten Teilbereich, z.B. die dem jeweiligen Zeitpunkt vorhergehenden vier oder fünf Messewerte. Vorliegend bezieht die zeitliche Mittelung die vorhergehenden vier Werte mit ein, weswegen die ersten vier Werte zu den ersten vier Zeitpunkten in Fig. 2b entsprechend fehlen, da hier noch kein Mittel bestimmt werden kann.

[0099] Im dargestellten Fall in Fig. 2b überschreitet der Mittelwert MFM zum Zeitpunkt $t_2 > t_1$ einen zweiten Grenzwert G_2 , der vorliegend dem ersten Grenzwert G_1 entspricht. Mit Überschreiten des zweiten Grenzwerts G_1 wird eine kritische Füllmenge des Arbeitsmediums detektiert, infolge dessen der exemplarische Fehler-/Wartungsparameter von 0 auf 1 gesetzt wird.

[0100] Im Vergleich von Fig. 2a und Fig. 2b ist ersichtlich, dass die Füllmengenkenngroße FM in Einzelfällen mehrfach hintereinander den ersten Grenzwert G_1 überschreitet und wieder unterschreitet, was nach Maßgabe der Vorgehensweise aus Fig. 2a zu einem ständigen Wechsel eines Detektionsergebnisses e führt. Dagegen bietet die Betrachtung über den Mittelwert MFM eine deutlich stabilere und auch robustere Detektion, wie aus dem Verlauf aus Fig. 2b ersichtlich.

[0101] Fig. 3a zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage. Ausgangspunkt ist hierbei eine Wärmepumpenanlage mit einer Verdichtungs- vorrichtung zum Verdichten eines Arbeitsmediums, einer Kondensationsvorrichtung zum Verflüssigen des Arbeitsmediums, einer Expansionsvorrichtung zum Expandieren des Arbeitsmediums und einer Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen des Arbeitsmediums, die in einem Arbeitskreislauf für das Arbeitsmedium angeordnet sind.

[0102] In Schritt S1 erfolgt ein Bestimmen eines ersten Zustandswerts einer ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungsvorrichtung und der Verdichtungs- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf, wobei es sich bei der ersten thermodynamischen Zustandsgröße vorliegend um einen Druck des Arbeitsmediums handelt

[0103] In Schritt S2 erfolgt ein Bestimmen eines zweiten Zustandswerts der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs- vorrichtung und der Kondensations- vorrichtung befindlichen Position im Arbeitskreislauf.

[0104] In Schritt S3 erfolgt ein Bestimmen eines den Öffnungsgrad des steuerbaren Expansionsventils beschreibenden Ventilparameters.

[0105] In Schritt S4 erfolgt ein Bestimmen einer Füllmengenkenngroße FM, die die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf der Wärmepumpenanlage beschreibt, auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts und des bestimmten zweiten Zustandswerts sowie des bestimmten Ventilparameters, wobei die Füllmengenkenngroße FM von einer Summe aus dem bestimmten ersten und dem bestimmten zweiten Zustandswert abhängt.

[0106] Die Füllmengenkenngroße FM wird im exemplarischen Fall auf Basis oben genannter Gleichung 1 bestimmt, die nachfolgend nochmals aufgeführt ist, soll aber nicht darauf beschränkt sein. Die Füllmengenkenngroße FM sei im vorliegenden Beispiel auf Basis eines in Schritt S1 bestimmten Drucks p_1 vor der Verdichtungs- vorrichtung und einem im Schritt S2 bestimmten Drucks p_2 nach der Verdichtungs- vorrichtung sowie von dem in Schritt S3 bestimmten, einen Öffnungsgrad des Expansionsventils beschreibenden Ventilparameters VP ge-

$$FM = \frac{VP}{p_1 + p_2} \quad \text{(siehe auch Gleichung 1) definiert.}$$

[0107] In Schritt S5 erfolgt ein Detektieren einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums, im Zuge dessen die bestimmte Füllmengenkenngroße FM aus Schritt S4 mit einem vordefinierten ersten Grenzwert G verglichen wird. Fällt diese größer aus, fällt ein Detektionsergebnis negativ aus (entspricht $e=0$ in Fig. 2a) und es besteht vorerst kein Handlungsbedarf. Fällt diese allerdings kleiner aus, so liegt ein positives Detektionsergebnis vor (entspricht $e=1$ in Fig. 2a) und es wird in Schritt S6 eine Warnmitteilung ausgegeben, die einen Bediener oder einem Wartungsarbeiter über die zu niedrige Füllmenge informiert.

[0108] Nach Schritt S5 erfolgt nach Ablauf eines vorgegeben zeitlichen Abstands T ein erneutes Durchführen der Schritte S1 bis S5 bzw. S6.

[0109] Aufbauend auf dem Ablaufdiagramm in Fig. 3a zeigt Fig. 3b ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Steuern einer Wärmepumpenanlage, bei dem die Schritte S1 bis S4 den bereits im Zuge von Fig. 3a beschriebenen Schritten S1 bis S4 entsprechen, weswegen an dieser Stelle keine erneute Erläuterung erfolgt. Um Missverständnisse im Hinblick auf Fig. 3a zu vermeiden, erfolgt dabei ausgehend von Schritt S4 in Fig. 3b die Fortführung der Bezeichnung der Schritte mit Sternschreibweise, also z.B. Schritt S5*.

[0110] Ausgehend von Schritt S4 erfolgen die Schritte

S5* und S6*, im Zuge derer ein Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage in Abhängigkeit der in Schritt S4 bestimmten Füllmengenkenngroße FM eingestellt werden kann.

[0111] Hierzu umfasst der exemplarische und nicht beschränkende Fall in Fig. 3b in Schritt S5* einen Vergleich der bestimmten Füllmengenkenngroße FM mit einem weiteren Grenzwert G*, der unabhängig aber auch gleich dem Grenzwert G aus Schritt S5 in Fig. 3a gewählt werden kann.

[0112] Steigt die Füllmengenkenngroße FM über den vordefinierten Grenzwert G*, so wird in Schritt S6* ein Leistungsparameter der Wärmepumpenanlage auf einen reduzierten Wert (Sparmodus) eingestellt, um so einen übermäßigen Energieverbrauch der Wärmepumpenanlage durch einen Betrieb bei hoher Leistung (Standardmodus) und niedriger Füllmenge zu vermeiden.

[0113] Andernfalls endet der gegenwärtige Durchlauf und es startet ein neuer Durchlauf nach einem vorgegebenen zeitlichen Abstand T beginnend ab Schritt S1, ebenso wie nach dem erfolgten Einstellen des Leistungsparameters in Schritt S6*.

[0114] Es wird erneut darauf hingewiesen, dass die Füllmengenkenngroße (Bezeichnung über FM) in den vorstehenden Ausführungsbeispielen beispielhaft und nicht darauf beschränkend gemäß Gleichung 1 definiert wurde, sodass eine sinkende Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf einem Anstieg der Füllmengenkenngroße entspricht.

[0115] Vorstehend wurden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sowie deren Vorteile detailliert unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren beschrieben.

[0116] Abschließend wird erneut hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Liste der Bezugszeichen

[0117]

10	Arbeitskreislauf
11	Verdichter
12	Verflüssiger
13	Expansionsvorrichtung
13*	Expansionsventil
14	Verdampfer
15	Leitungen für Arbeitsmedium
21	erster Drucksensor
22	zweiter Drucksensor
23	Öffnungsgradsensor für Expansionsventil

30	Überwachungsvorrichtung
30a, 30b	Komponenten der Überwachungsvorrichtung
40	Steuervorrichtung
50	Netzwerkkopplung
100	Wärmepumpenanlage
200	Wärmquellenanlage
300	Klimatisierungssystem für Gebäude
400	Leitungssystem für Energietransport
500	externes Datenverarbeitungssystem
501	Speichermedium

FM	Füllmengenkenngroße
MFM	Mittelwert der Füllmengenkenngroße
p ₁	Druck des Arbeitsmediums (erster Zustandswert)
p ₂	Druck des Arbeitsmediums (zweiter Zustandswert)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen einer Füllmenge eines Arbeitsmediums in einer Wärmepumpenanlage (100), die in einem Arbeitskreislauf (10) für das Arbeitsmedium angeordnet umfasst:

- eine Verdichtungs- vorrichtung (11) zum Verdichten des Arbeitsmediums;
- eine Kondensations- vorrichtung (12) zum Verflüssigen des Arbeitsmediums;
- eine Expansions- vorrichtung (13) zum Expandieren des Arbeitsmediums; und
- eine Verdampfungs- vorrichtung (14) zum Verdampfen des Arbeitsmediums;

wobei das Verfahren umfasst:

- Bestimmen eines ersten Zustandswerts (p₁) einer ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungs- vorrichtung (14) und der Verdichtungs- vorrichtung (11) befindlichen Position im Arbeitskreislauf (10);
- Bestimmen eines zweiten Zustandswerts (p₁) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs- vorrichtung (11) und der Kondensations- vorrichtung (12) befindlichen Position im Arbeitskreislauf (10);
- Bestimmen einer Füllmengenkenngroße (FM), die die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf (10) der Wärmepumpenanlage (100) beschreibt, zumindest auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts (p₁) und des bestimmten zweiten Zustandswerts (p₂);

dadurch gekennzeichnet, dass

die bestimmte Füllmengenkenngroße (FM) von einer Summe oder einer gewichteten Summe aus dem bestimmten ersten Zustandswert (p_1) und dem bestimmten zweiten Zustandswert (p_2) abhängt

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

die Expansionsvorrichtung (13) der Wärmepumpenanlage zum Expandieren des Arbeitsmediums ein steuerbares Expansionsventil (13*) mit einem veränderlichen Öffnungsgrad umfasst, und das Verfahren weiterhin umfasst:

- Bestimmen eines den Öffnungsgrad des steuerbaren Expansionsventils (13*) betreffenden Ventilparameters (VP);

und das Bestimmen der Füllmengenkenngroße (FM) zusätzlich auf Basis des bestimmten Ventilparameters (VP) des steuerbaren Expansionsventils (13*) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

die bestimmte Füllmengenkenngroße (FM) von einem Verhältnis aus dem bestimmten Ventilparameter (VP) des steuerbaren Expansionsventils (13*) und der Summe oder der gewichteten Summe aus dem ersten und dem zweiten Zustandswert (p_1 , p_2) abhängt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

es sich bei der ersten thermodynamischen Zustandsgröße um einen Druck des Arbeitsmediums handelt.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das Bestimmen des ersten Zustandswerts (p_1) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße umfasst:

- Messen der ersten thermodynamischen Zustandsgröße an der ersten Position im Arbeitskreislauf;

und/oder das Bestimmen des zweiten Zustandswerts (p_2) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße umfasst:

- Messen der ersten thermodynamischen Zustandsgröße an der zweiten Position im Arbeitskreislauf.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

das Bestimmen des ersten Zustandswerts (p_1) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße umfasst:

- Messen einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße an der ersten Position im Arbeitskreislauf; und
- Ermitteln des ersten Zustandswerts (p_1) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße auf Basis eines Messergebnisses an der ersten Position und einer bereitgestellten ersten Umrechnungsvorschrift;

und/oder das Bestimmen des zweiten Zustandswerts (p_2) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße umfasst:

- Messen einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße an der zweiten Position im Arbeitskreislauf; und
- Ermitteln des zweiten Zustandswerts (p_2) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße auf Basis des Messergebnisses an der zweiten Position und einer bereitgestellten zweiten Umrechnungsvorschrift, die insbesondere der ersten Umrechnungsvorschrift entspricht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass

es sich bei der zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums um eine Temperatur, ein Volumen oder eine Dichte des Arbeitsmediums handelt

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das Bestimmen des ersten Zustandswerts (p_1), das Bestimmen des zweiten Zustandswerts (p_2) sowie das auf deren Basis erfolgende Bestimmen der Füllmengenkenngroße (FM) in vordefinierten zeitlichen Abständen kontinuierlich wiederholt wird, um so zumindest einen zeitlichen Verlauf der Füllmengenkenngroße (FM) bereitzustellen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren weiterhin umfasst:

- Detektieren einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf (10) der Wärmepumpenanlage (100), umfassend:

- Erfassen eines ersten kritischen Falls, in dem die bestimmte Füllmengenkenngroße (FM) einen ersten vorgegebenen Grenz-

- wert (G_1) überschreitet;
und/oder
- Erfassen eines zweiten kritischen Falls, in dem ein über einen festgelegten Zeitraum gebildetes Mittel eines zeitlichen Verlaufs der Füllmengenkenngroße (FM) einen zweiten vorgegebenen Grenzwert überschreitet 5
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren weiterhin umfasst: 10
- Abschalten der Wärmepumpenanlage (100) in Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses des Detektierens einer kritischen Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf (10) der Wärmepumpenanlage (100). 15
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmepumpenanlage (100) über eine Netzwerkkopplung (50) mit einem externen Datenverarbeitungssystem (500), insbesondere einem Cloud basierten Datenverarbeitungssystem (500), verbunden ist, wobei im Zuge des Verfahrens notwendige Berechnungen ganz oder zumindest teilweise durch das externe Datenverarbeitungssystem (500) durchgeführt werden. 20 25
12. Verfahren zum Steuern einer Wärmepumpenanlage (100), die in einem Arbeitskreislauf (10) für ein Arbeitsmedium angeordnet umfasst: 30
- eine Verdichtungs Vorrichtung (11) zum Verdichten des Arbeitsmediums; 35
- eine Kondensations Vorrichtung (12) zum Verflüssigen des Arbeitsmediums;
- eine Expansions Vorrichtung (13) zum Expandieren des Arbeitsmediums; und
- eine Verdampfungs Vorrichtung (14) zum Verdampfen des Arbeitsmediums; 40
- wobei das Verfahren umfasst:
- Überwachen einer Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage (100) gemäß eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11; 45
- Steuern der Wärmepumpenanlage (100) durch Einstellen ein oder mehrerer Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage (100) zumindest in Abhängigkeit der im Zuge des Überwachens der Füllmenge des Arbeitsmediums bestimmten Füllmengenkenngroße (FM). 50
13. Wärmepumpenanlage (100), die in einem Arbeitskreislauf (10) für ein Arbeitsmedium angeordnet umfasst: 55
- eine Verdichtungs Vorrichtung (11) zum Verdichten des Arbeitsmediums;
- eine Kondensations Vorrichtung (12) zum Verflüssigen des Arbeitsmediums;
- eine Expansions Vorrichtung (13) zum Expandieren des Arbeitsmediums; und
- eine Verdampfungs Vorrichtung (14) zum Verdampfen des Arbeitsmediums;
- wobei die Wärmepumpenanlage (100) ferner umfasst:
- eine erste Mess Vorrichtung (21), die zum Messen einer ersten oder einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer ersten, zwischen der Verdampfungs Vorrichtung (14) und der Verdichtungs Vorrichtung (11) befindlichen Position im Arbeitskreislauf (10) eingerichtet ist;
- eine zweite Mess Vorrichtung (22), die zum Messen einer ersten oder einer zweiten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums an einer zweiten, zwischen der Verdichtungs Vorrichtung (11) und der Kondensations Vorrichtung (12) befindlichen Position im Arbeitskreislauf (20) eingerichtet ist; und
- eine zum Überwachen einer Füllmenge des Arbeitsmediums in der Wärmepumpenanlage eingerichtete Überwachungs Vorrichtung (30); wobei die Überwachungs Vorrichtung (30) zumindest mit der ersten und der zweiten Mess Vorrichtung (21, 22) gekoppelt ist und ferner zumindest dazu eingerichtet ist, basierend auf einem Messergebnis der ersten Mess Vorrichtung (21) einen ersten Zustandswert (p_1) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums zu bestimmen, basierend auf einem Messergebnis der zweiten Mess Vorrichtung (22) einen zweiten Zustandswert (p_2) der ersten thermodynamischen Zustandsgröße des Arbeitsmediums zu bestimmen, und eine die Füllmenge des Arbeitsmediums im Arbeitskreislauf (10) der Wärmepumpenanlage (100) beschreibende Füllmengenkenngroße (FM) auf Basis des bestimmten ersten Zustandswerts (p_1) und des bestimmten zweiten Zustandswertes (p_2) zu bestimmen,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachungs Vorrichtung (30) eingerichtet ist, die Füllmengenkenngroße (FM) auf Basis einer Summe oder einer gewichteten Summe aus dem ersten Zustandswert (p_1) und dem zweiten Zustandswert (p_2) zu bestimmen.
14. Wärmepumpenanlage (100) nach Anspruch 13, wo-

bei eine Steuervorrichtung (40) der Wärmepumpenanlage (100) mit der Überwachungsvorrichtung (30) gekoppelt ist und ferner dazu eingerichtet ist, zum Steuern der Wärmepumpenanlage (100) ein oder mehrere Betriebsparameter der Wärmepumpenanlage (100) in Abhängigkeit der durch die Überwachungsvorrichtung (300) bestimmten Füllmengen-
kenngroße (FM) einzustellen.

15. Überwachungsvorrichtung (30) zum Einsatz in einer Wärmepumpenanlage (100) nach einem der Ansprüche 13 oder 14.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

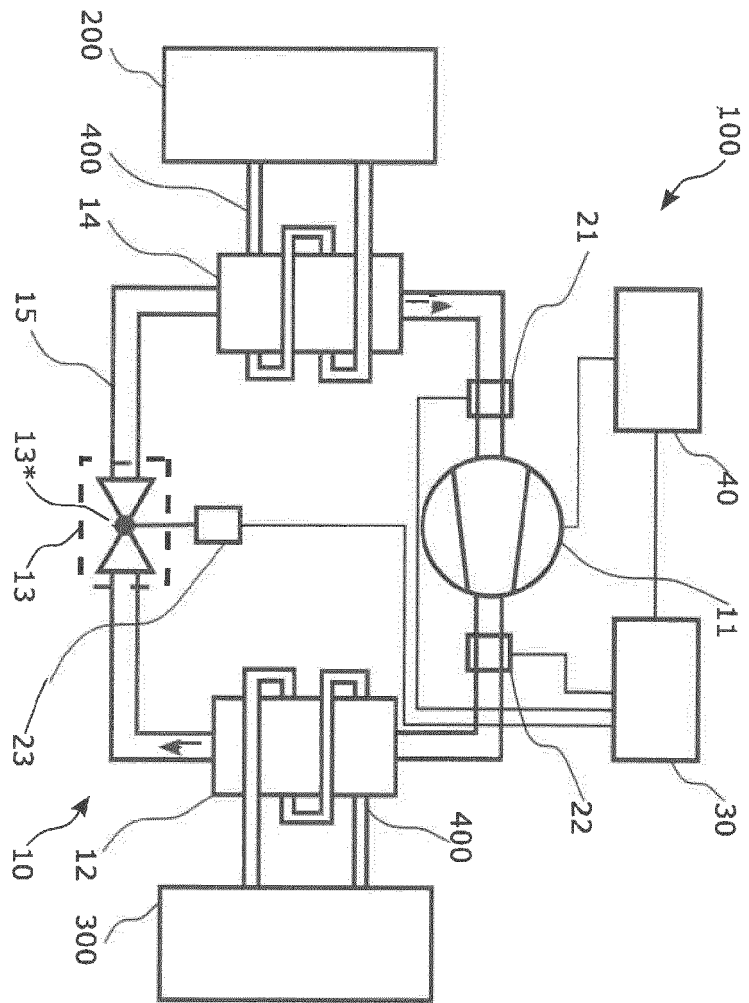


Fig. 1a

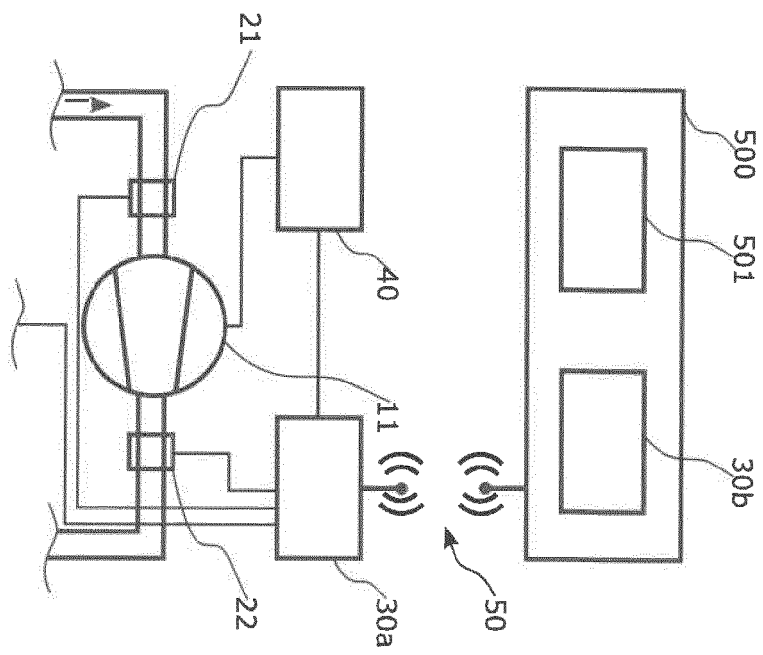


Fig. 1b

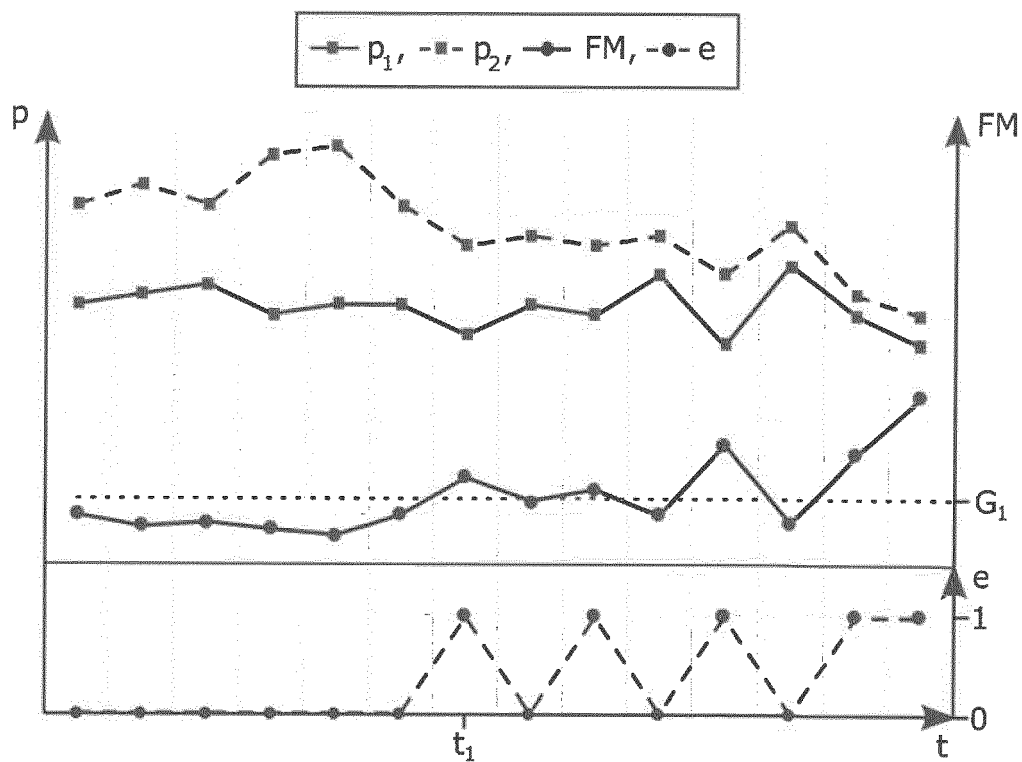


Fig. 2a

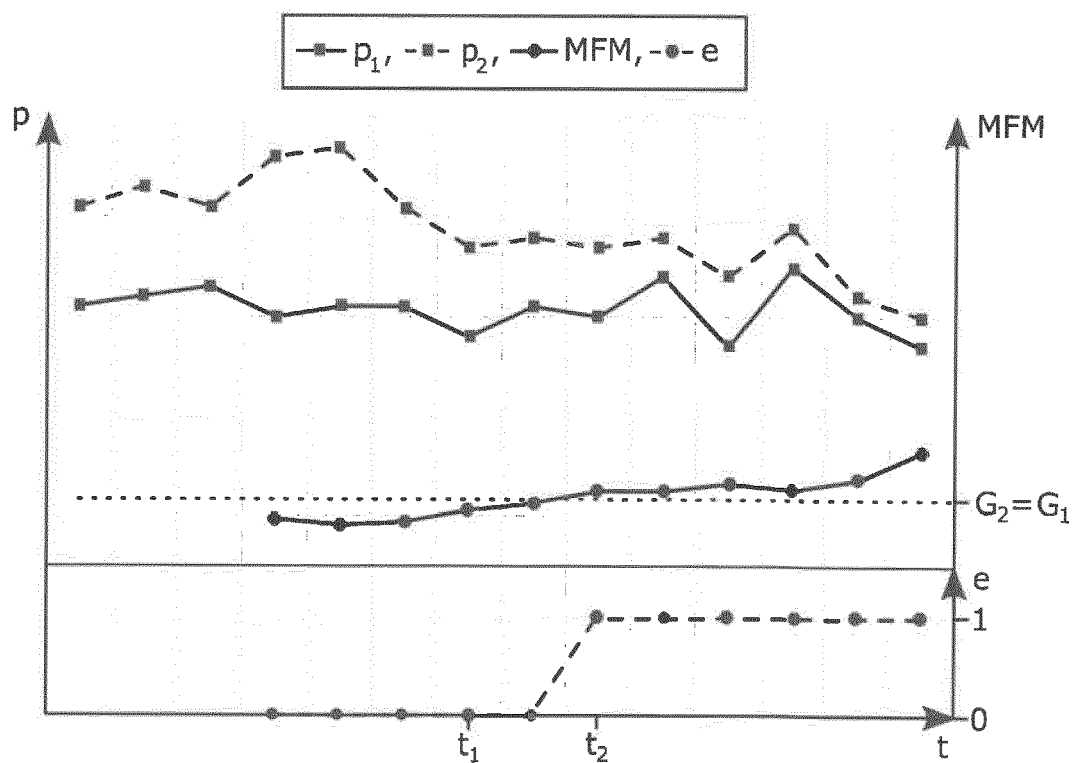


Fig. 2b

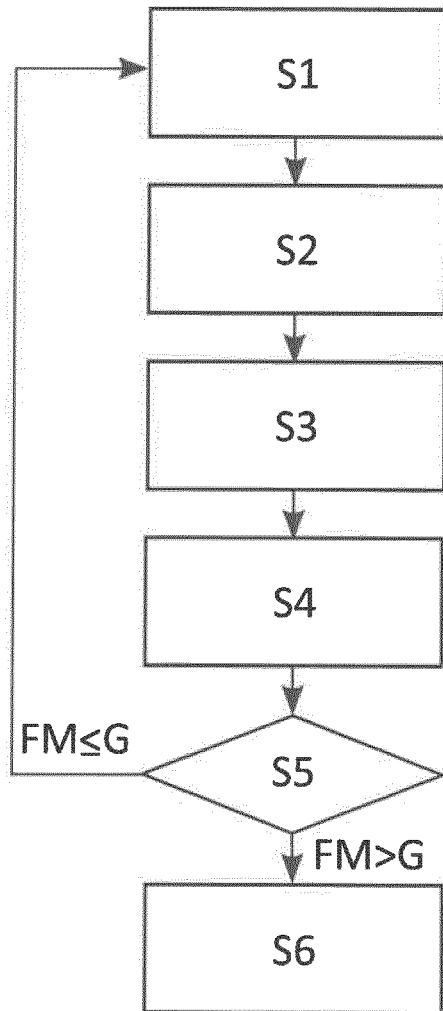


Fig. 3a

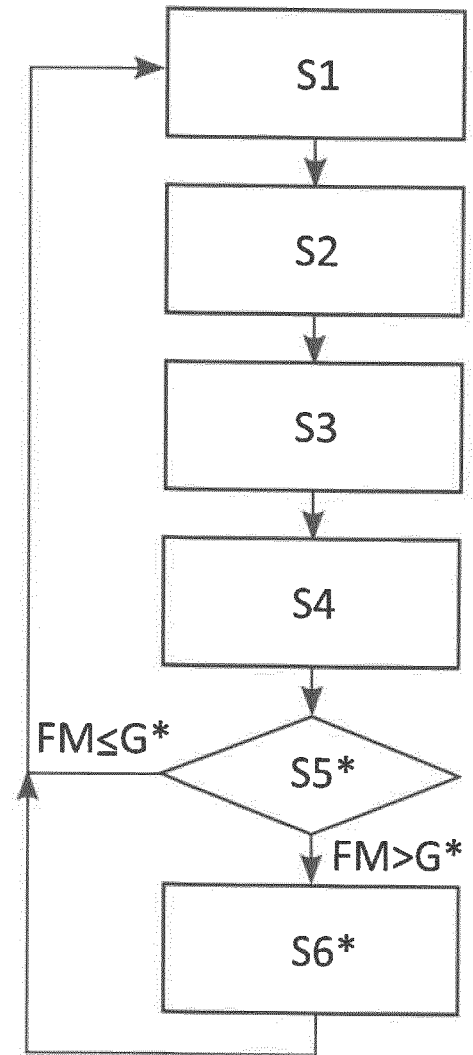


Fig. 3b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 2449

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 11 2018 001918 T5 (DENSO CORP [JP]) 19. Dezember 2019 (2019-12-19) * Absatz [0021] - Absatz [0113]; Abbildungen 1-7 * * Absätze [0060], [0062], [0071]; Abbildung 4 *	1-15	INV. F25B49/00
A	GB 2 546 657 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 26. Juli 2017 (2017-07-26) * Absatz [0052] - Absatz [0056]; Abbildungen 1-10 *	1-15	
A	US 2006/144059 A1 (KANG PENGJU [US] ET AL) 6. Juli 2006 (2006-07-06) * Absatz [0011] - Absatz [0035]; Abbildungen 1,2 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. April 2023	Prüfer Szilagyi, Barnabas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 21 2449

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-04-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 112018001918 T5	19-12-2019	CN 110382979 A	25-10-2019
		DE 112018001918 T5	19-12-2019
		JP 6699614 B2	27-05-2020
		JP 2018179335 A	15-11-2018
		WO 2018186105 A1	11-10-2018

GB 2546657 A	26-07-2017	GB 2546657 A	26-07-2017
		JP 6257801 B2	10-01-2018
		JP WO2016071947 A1	27-04-2017
		US 2017268811 A1	21-09-2017
		WO 2016071947 A1	12-05-2016

US 2006144059 A1	06-07-2006	CN 101166941 A	23-04-2008
		EP 1839021 A2	03-10-2007
		JP 2008527298 A	24-07-2008
		US 2006144059 A1	06-07-2006
		WO 2006073814 A2	13-07-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2006073814 A [0007]